





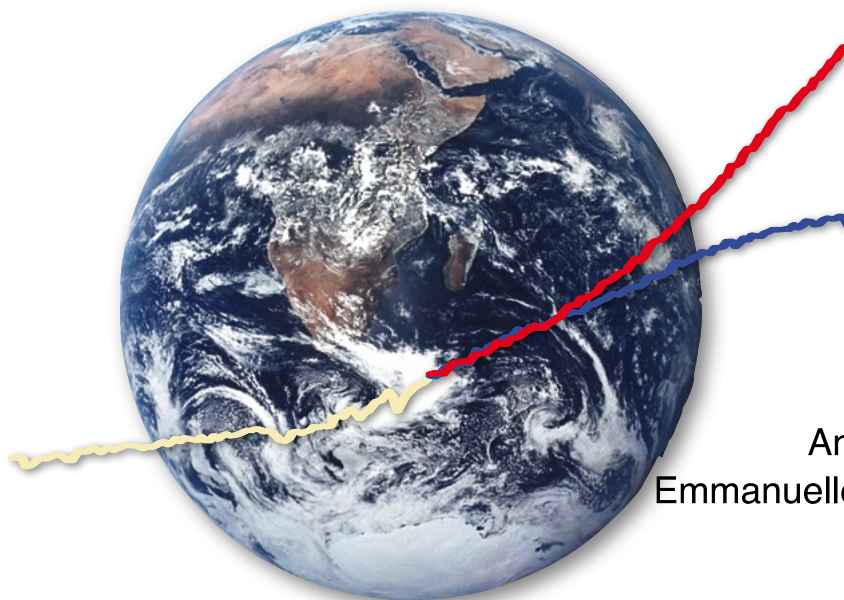
Université
catholique de Louvain

**Faculté des Sciences**
**Georges Lemaître Centre for Earth and Climate Research (TECLIM)**

# *Effet de serre et changements de climat : Pourquoi, comment et que pouvons-nous y faire ?*

Une animation réalisable en 4ème, 5ème et 6ème primaire

scienceinfuse



Aline BARRE
Anne DE MONTETY
Emmanuelle DRIESSCHAERT
Valérie DULIERE
Julien FERRIERE
Andrew FERRONE
Wouter LEFEBVRE
Ralph Lescroart
Philippe MARBAIX
Aurore PORSON
Sarah TOMSON
Jean-Pascal VAN YPERSELE DE STRIHOU
Martin VANCOPPENOLLE
Emilie VANVYVE

version 3.1b2 (mise à jour préliminaire), mars 2010

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

# Introduction

## *Objectifs*

Le but de cet atelier est de faire découvrir aux enfants, par le biais d'expériences et d'observations simples, ce qu'est l'effet de serre : en quoi sa composante naturelle est fondamentale pour notre (sur)vie et quelle est l'influence de sa composante anthropique sur le climat et la nature. Les enfants y apprendront également comment éviter l'émission excessive de $CO_2$ dans l'atmosphère, permettant ainsi d'atténuer le réchauffement du climat. Cet atelier s'adresse à des élèves de quatrième, cinquième et sixième primaire.

## *Historique*

Lancé en mars 2000, à l'initiative de Jean-Pascal van Ypersele dans le cadre du Festival des sciences de l'UCL, cet atelier a d'abord été testé dans la classe de 3ème et 4ème primaire de Mme Denamur de l'école communale de Corroy-le-Grand. Ce sont les élèves de cette classe qui ont réalisé une partie des maquettes utilisées lors de cette animation. L'atelier a ensuite été organisé chaque année avec l'aide d'étudiants et doctorants en sciences physiques de l'UCL.
Grâce à l'aimable collaboration de la faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, cet atelier a pu avoir lieu chaque année dans une des serres de cette faculté, ce qui permettait aux participants de mieux comprendre ce qu'est l'effet de serre. De 2000 à 2007, entre 600 et 1000 élèves ont participé à cet atelier, qui a bénéficié de leurs réactions et questions.

Cette brochure est susceptible d'être complétée et améliorée. N'hésitez donc pas à nous faire part de vos commentaires, remarques, questions, suggestions, critiques,… Ils seront les bienvenus et nous serviront à améliorer le contenu de cette brochure. Vous pouvez nous faire parvenir vos commentaires par courriel à l'adresse : atelier@climate.be, ou par courrier à J.P. van Ypersele : Institut d'astronomie et de géophysique G. Lemaître, Université catholique de Louvain, Chemin du Cyclotron 2, B- 1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

## *Organisation de la brochure*

Cette brochure est composée de trois parties :
- Description des expériences (liste du matériel nécessaire pour les expériences et les illustrations) ;
- Approche théorique des phénomènes illustrés ou abordés au travers de ces expériences.
- Un lexique qui reprend les mots marqués par un astérisque (*).

Les différents graphiques et illustrations de cette brochure peuvent être téléchargés à partir du site www.astr.ucl.ac.be.

Vous trouverez également à la fin de cette brochure, une série d'illustrations en couleurs.

## *Organisation générale de l'atelier (description et subdivision)*

L'atelier se déroule en trois étapes et dure approximativement 2 heures. Il est évident que l'atelier peut être organisé autrement si l'horaire scolaire le requiert. Tel qu'il est organisé dans le cadre du Festival Science Infuse, cet atelier demande au minimum trois animateurs ou animatrices, puisque les trois mini-ateliers décrits ci-dessous ont lieu simultanément.
Chaque étape est accompagnée d'illustrations et d'exemples concrets permettant de mieux faire comprendre les différents concepts.

## 1. Une introduction (30 minutes) :

L'atelier commence par une description de «l'effet de serre» dit naturel : piégeage de la chaleur, origine de l'appellation « effet de serre », … . Il se poursuit par l'explication de sa composante anthropique : comment les hommes sont, depuis 1850, à travers l'émission excessive de gaz à effet de serre, responsables de l'intensification de l'effet de serre. Une expérience montre comment fonctionne l'effet de serre.

## 2. Trois « mini-ateliers » (3 x 20 minutes) présentés simultanément :

Ils sont accessibles à tous par « rotation » des groupes : la classe est divisée en trois groupes qui participent successivement à chacun de ces mini-ateliers (chaque mini-atelier est donc présenté 3 fois).
Ces ateliers sont : 1) quelles sont les conséquences du réchauffement climatique ?
2) d'où vient le $CO_2$ ?
3) que faire pour limiter l'intensification de l'effet de serre ?

Ils sont très interactifs, grâce à de nombreux échanges constructifs entre animateurs et élèves.

## 3. Un jeu récapitulatif (30 minutes) organisé en fin d'atelier :

Il permet aux enfants de synthétiser tout ce qu'ils viennent d'apprendre.

# *1. Introduction : l'effet de serre*

## 1. Introduction

L'animateur décrit le mécanisme fondamental de l'effet de serre. Le but est d'expliquer aux élèves comment une augmentation de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère entraîne un accroissement de la température de l'air sur Terre.

### A. Comment fonctionne l'effet de serre ?

*Matériel*

Figure 1 :

- 1 panneau représentant la surface de la Terre, l'atmosphère et le Soleil
- 3 nuages
- 3 flèches jaunes (la flèche la plus fine fait 1/3 de la plus grosse, la moyenne en fait les 2/3)
- 7 flèches rouges (1 grande et 6 petites)
- des gouttes bleues
- des boules noires

Figures 2 & 3 :

- 2 photos représentant la Terre (il y a 18 000 ans et aujourd'hui)

Figure 4 :

- 2 graphiques : augmentation de température et de $CO_2$




Ici, l'animateur explique le mécanisme de l'effet de serre.

Dispositif

| | |
|---|---|
| Soleil | = Soleil |
| Bande verte | = Terre |
| Fond du panneau | = Atmosphère |
| Nuages | = Nuages présents dans l'atmosphère |
| Gouttes bleues | = Vapeur d'eau présente dans l'atmosphère |
| Boules noires | = Gaz carbonique* présent dans l'atmosphère |
| Flèche jaune large (dans la direction de la Terre) | = Rayonnement solaire illuminant la Terre; lorsque le rayonnement rencontre un nuage, ce dernier en réfléchit une partie (c'est pourquoi la largeur de la flèche diminue après cette rencontre) |
| Flèche jaune fine | = Rayonnement solaire réfléchi par le nuage et renvoyé dans l'espace |
| Flèche jaune moyenne | = Rayonnement solaire réfléchi par la Terre |
| Flèche rouge large | = Rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre |
| Six flèches rouges | = Absorption et réémission du rayonnement infrarouge par le gaz carbonique |

## *Briévement*

Une grande partie des gaz à effet de serre est présente naturellement. Mais depuis peu, les activités humaines produisent un supplément de gaz à effet de serre. Ceci a pour conséquence qu'une quantité croissante du rayonnement infrarouge (une forme de chaleur) émis par la Terre est piégée par l'atmosphère, ce qui entraîne le réchauffement de l'atmosphère.

## *Explications*

L'atmosphère est composée de nombreux gaz (azote, oxygène, gaz carbonique, vapeur d'eau, méthane, ...). Ces gaz sont généralement transparents à la lumière visible, c'est-à-dire que le rayonnement solaire les traverse sans encombre. Par contre, plusieurs d'entre eux sont peu transparents au rayonnement infrarouge, ils ont la propriété de garder la chaleur dans le système climatique. On les appelle « gaz à effet de serre ». Les principaux sont la vapeur d'eau ($H_2O$), le gaz carbonique ($CO_2$), le méthane ($CH_4$) et le monoxyde de diazote ($N_2O$). Une partie de ces gaz est produite naturellement : évaporation de l'eau des lacs, pluies, mers, océans, décomposition de matières organiques,... Mais, notamment pour le gaz carbonique, une quantité de plus en plus importante est produite par les activités humaines : usines, voitures, ... On qualifie cette partie d'anthropique*.

Sur le panneau ci- dessus, le dioxyde de carbone est représenté par les boules noires. La vapeur d'eau, par les gouttes bleues. Le rayonnement solaire, par les flèches jaunes. Le rayonnement infrarouge, par les flèches rouges.

La Terre reçoit des rayons lumineux (e.a. le rayonnement visible) en provenance du Soleil. Une partie de ce rayonnement solaire est réfléchie par les nuages et par la pollution vers l'espace, le reste traverse l'atmosphère et atteint la surface de la Terre où, de nouveau, une partie est renvoyée vers l'atmosphère et le reste absorbé par la surface. La surface est réchauffée par cette énergie absorbée et émet alors, vers l'atmosphère, un rayonnement infrarouge qui permet à la surface d'évacuer une partie de sa chaleur. Ce rayonnement infrarouge, semblable à celui que l'on peut sentir au voisinage d'un feu, est invisible.

On voit sur le panneau la flèche provenant du Soleil, celles réfléchies par les nuages et la Terre, ainsi que le rayonnement infrarouge émis par la Terre

Les nombreux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère ne laissent pas ce rayonnement infrarouge s'échapper librement vers l'espace. Presque tout est absorbé par les gaz à effet de serre qui le réémettent dans toutes les directions. Une partie est finalement émise vers l'espace (le haut), et quitte ainsi la Terre. Une autre partie est émise vers la surface terrestre le bas) et reste donc « piégée » dans l'atmosphère. C'est ce phénomène qu'on appelle l'effet de serre.

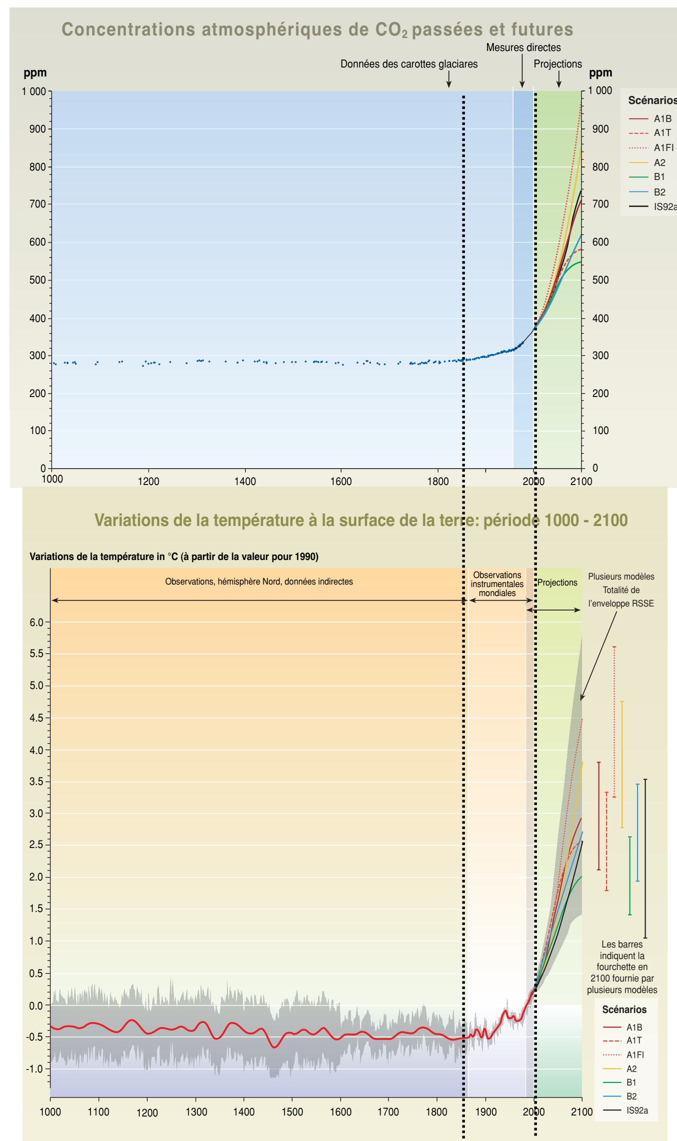
Le phénomène de réémission par les gaz à effet de serre est représenté par les six flèches rouges sur le panneau. Sous les flèches on peut apercevoir la boule noire de dioxyde de carbone qui produit cette diffusion

L'effet de serre est donc un phénomène naturel. Sans lui, il nous serait impossible de survivre sur Terre ! En effet, il permet à la surface terrestre de se maintenir à une température acceptable de 15°C (moyenne mondiale annuelle). Sans effet de serre, la température moyenne sur Terre ne serait que de -18°C. Mais alors, pourquoi parle-t-on de réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Pourquoi faut-il à tout prix réduire l'intensification de l'effet de serre ?

Comme nous venons de le voir, la chaleur est piégée dans l'atmosphère par les gaz à effet de serre qui absorbent le rayonnement infrarouge, essentiellement la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane, ... Par conséquent, plus la quantité (les chimistes parlent de concentration) de gaz à effet de serre dans l'atmosphère augmente, plus la quantité de chaleur piégée est importante et plus la température moyenne sur Terre augmente. C'est ce qui se passe actuellement. Par exemple, depuis 1850, les activités humaines ont entraîné une considérable augmentation (plus de 35%, IPCC* 4AR* WG1*) de la concentration en CO2 dans l'atmosphère.  Le gaz carbonique est le principal gaz à effet de serre d'origine humaine.

IPCC TAR WG1

Le graphique à droite décrit l'augmentation de la concentration de gaz carbonique et de la température entre 1000 et 2100:










.

L'effet de serre est donc renforcé et la température augmente (déjà +0,7°C depuis 1900, IPCC 4AR WG1). Dans cent ans, la température pourrait avoir augmenté de 1,1 à 6,2°C en moyenne (IPCC 4AR WG1), dans le monde. Ces valeurs paraissent faibles et il est difficile d'imaginer pourquoi cela pourrait tourner à la catastrophe. Pourtant, en comparant la Terre lors du dernier maximum glaciaire (température moyenne de 10°C) et la même Terre à une époque récente, on voit facilement les changements engendrés par une différence d'à peine 4 à 5°C. Il y a 18 000 ans, une calotte glaciaire recouvrait l'Europe et aujourd'hui, elle a disparu. De plus, les chiffres ci-dessus sont des moyennes mondiales ! Les variations des températures régionales diffèrent d'une région à une autre. Les continents se réchauffent plus que les océans et les régions polaires se réchauffent d'avantage que les autres régions.

## B. Piégeage de la chaleur dans une serre

Cette expérience illustre le piégeage de la chaleur dans une serre et l’origine de l’appellation « effet de serre ».

Matériel - lampe chauffante (un spot de 150W par exemple) suspendue au plafond - 2 boîtes sans couvercle en bois ou en polystyrène (« frigolite ») de dimensions identiques (30x50 cm) - 1 plaque transparente de verre ou de plexiglas, pouvant couvrir totalement une des deux boîtes - 2 thermomètres

*Ex-*

*Matériel*

- lampe chauffante (un spot de 150W par exemple) suspendue au plafond
- 2 boîtes sans couvercle en bois ou en polystyrène (« frigolite ») de dimensions identiques (30x50 cm)
- 1 plaque transparente de verre ou de plexiglas, pouvant couvrir totalement une des deux boîtes
- 2 thermomètres

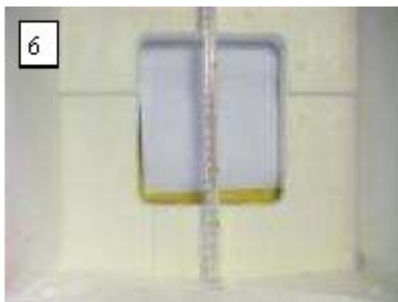
*pé-*

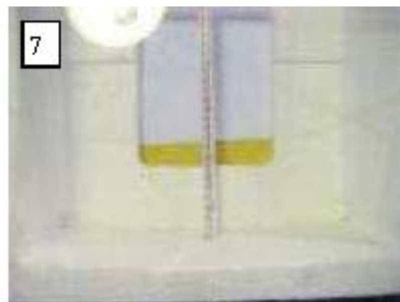
*rience*

Les deux boîtes sont placées sous la lampe, à égale distance de celle-ci (environ 50 cm). Un thermomètre est placé dans chacune d’elles. On installe la plaque transparente sur une des deux boîtes. On observe la différence de température qui règne dans les boîtes.

Ce dispositif doit être mis en place au moins une demi-heure avant la présentation, pour qu’on puisse observer une augmentation de température (quelques degrés) sous la vitre




*Explications*

Pourquoi appelle-t-on ce mécanisme « effet de serre » ? Par analogie entre ce qui se passe dans une serre et ce qui se passe dans l’atmosphère. Dans une serre, les vitres jouent un rôle semblable à celui des gaz à effet de serre : elles piègent la chaleur. Dans l’expérience réalisée, la lampe joue le rôle du Soleil et les boîtes celui de l'atmosphère. Le dispositif sans vitre correspond à l’atmosphère sans l’effet de serre, celui avec vitre à l’atmosphère avec effet de serre. L’expérience illustre le mécanisme de l’effet de serre : la chaleur est piégée dans la boîte couverte par la vitre, et la température y est dès lors plus élevée Remarque : il s’agit d’une illustration par analogie, car dans la boîte, la vitre empêche l’air chaud de s’échapper (c’est l’air qui est bloqué par la vitre), alors que l’atmosphère retient la chaleur par action sur le rayonnement infrarouge, comme expliqué plus haut.

# *2. Mini-atelier n°1 : conséquences du réchauffement climatique ?*

Dans ce premier atelier, on explique différents impacts du réchauffement climatique. Des domaines tels que la faune et la flore, le niveau des mers ou encore l'homme lui-même seront abordés.

## A Conséquences sur la végétation et les animaux

Comme expliqué précédemment, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre provoquent, à la surface de la Terre, un réchauffement. Celui-ci est susceptible de nuire gravement la végétation. Prenons l'exemple de la végétation en montagne.

| *Matériel* |
| --- |
| - Treillis de poule |
| - 2 plaques de frigolite (un carré d'environ 40 cm de côté et épais de 3 cm) |
| - Papier mâché |
| - Gouache/peinture à l'eau |

### *Dispositif*

On a fabriqué deux montagnes identiques, sur lesquelles on a peint plusieurs bandes de couleurs différentes représentant des strates de végétation et de sol que l'on peut retrouver en montagne. Sur une des montagnes, les strates sont décalées vers le haut afin de montrer l'influence d'une augmentation de la température sur la flore et donc également sur la faune.




### *Brièvement*

On ne trouve pas la même végétation à toutes les hauteurs sur les montagnes. En effet, toutes les plantes ne supportent pas les basses températures et le « manque » d'oxygène. Avec le réchauffement climatique, des espèces végétales se mettront à migrer vers le haut. Certains types de plantes finiront par disparaître, ainsi que la faune y associée. De même, les climats chauds auront tendance à migrer vers les plus hautes latitudes (c'est à dire plus loin de l'équateur).

*Explications*

**Changements en altitude :**
Dans les régions montagneuses, le type de végétation varie avec l'altitude. Plus on monte et plus les plantes sont petites et résistantes au froid. En effet, les grandes plantes résistant moins facilement au froid et à la diminution d'oxygène. De manière générale, sur une montagne (sommet à environ 4000 m), on peut distinguer essentiellement 5 couches (de haut en bas) :

- neiges éternelles
- sol rocailleux
- alpages (grandes prairies)
- conifères
- arbres feuillus (chênes, …)

Les deux montagnes préfabriquées illustrent ce phénomène. La couche blanche représente les neiges éternelles, les couches vert clair à vert foncé, successivement le sol rocailleux, les alpages, les conifères et les arbres feuillus

Si l'atmosphère se réchauffe, les strates (couches de caractéristiques données) montent en altitude : aux latitudes moyennes, une augmentation de température de 1 à 3,5°C conduirait à une élévation des isothermes* en altitude de 150 à 500 mètres. Chaque strate peut alors « envahir » la strate juste au-dessus. Ainsi, les feuillus remplacent progressivement les conifères qui envahissent petit à petit les alpages, etc. Quant à la couche supérieure, elle est amenée à disparaître puisqu'elle ne peut physiquement « monter » plus haut. Ainsi, dans notre exemple, les neiges éternelles disparaîtront en premier.

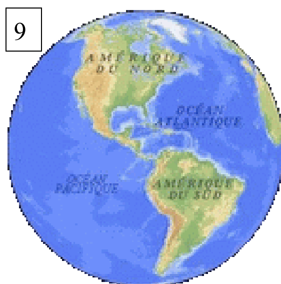
Cette situation se vérifie déjà en Suisse où certaines stations de ski ont dû fermer à cause d'un enneigement devenu insuffisant. Sur des montagnes moins hautes, ce sont les alpages qui ont tendance à disparaître. A travers la disparition d'une certaine végétation, c'est tout l'écosystème associé qui se trouve déséquilibré. La faune et la flore sont perturbées. Des animaux comme les chamois et les marmottes, ne vivant que dans les alpages et dans les zones rocailleuses, verront disparaître petit à petit leur habitat. Soit ils parviendront à s'adapter ou à migrer ailleurs (si c'est possible), soit ils disparaîtront.

Qu'elles soient végétales ou animales, les espèces ont une capacité d'adaptation aux changements climatiques limitée qui dépend dans une large mesure de la vitesse et de l'ampleur de ces changements. La vitesse du réchauffement climatique peut excéder les possibilités naturelles de migration de certaines espèces qui seront alors sérieusement affectées, ou pourront même disparaître. Ainsi, on peut craindre que les changements climatiques se produisent à une vitesse supérieure à celle à laquelle beaucoup de forêts croissent, se reproduisent et s'établissent.

**Changements en latitude :**
Si on en vient à l'aspect « horizontal » des choses, une même augmentation de température de 1 à 3,5°C conduirait à un déplacement des isothermes vers les pôles d'environ 150 à 550 kilomètres. Les conséquences pour la faune et la flore et indirectement pour l'homme n'apparaissent peut-être pas directement, mais elles sont pourtant loin d'être négligeables. Comme première illustration posons-nous la question de savoir quel est climat 550 kilomètres plus bas en latitude. Ce n'est pas encore la Méditerranée, mais on en n'est pas loin. Mais au niveau de l'Espagne c'est le désert du Sahara qu'on trouve 550 km plus bas...

L'emploi d'une mappemonde (par exemple un globe terrestre gonflable), aide à bien montrer aux enfants les différentes régions dont on parle.

Ceci permet de nous rendre compte des risques bien présents d'une augmentation de température. Certaines espèces de plantes et d'animaux, comme, les espèces déjà menacées ou celles pour lesquelles des barrières empêchent ou bloquent les migrations, ainsi que certains systèmes naturels, comme les récifs coralliens ou les écosystèmes de montagne vus précédemment, seront affectés négativement par un réchauffement climatique. Le risque sera d'autant plus élevé, et touchera plus d'espèces, que le réchauffement global sera plus important.




Ces perturbations dans la végétation auront également des conséquences néfastes pour l'homme dans le domaine de l'agriculture et donc pour la sécurité alimentaire. La production de nourriture dépendant des précipitations, de la température et des différents nutriments, une augmentation de température sera bénéfique pour l'agriculture dans certaines régions, mais négative dans d'autres à cause du risque de stress thermique et hydrique (voir plus bas). Les animaux de ferme et d'élevage sont également sensibles à la sécheresse et à la chaleur. Le fossé entre les pays à l'agriculture bien développée et ceux éprouvant des difficultés à cause de la sécheresse risque de se creuser davantage.

La santé humaine peut également être affectée. Pendant une forte vague de chaleur, comme celle qui a eu lieu en Europe en 2003, on observe qu'il y a plus de décès que lors d'un été normal. Ce sont les personnes plus sensibles qui courent un risque important, notamment les personnes âgées. Chez nous, il est possible de limiter ce risque en évitant de s'exposer à la chaleur ou à la déshydratation, mais les vagues de chaleur vont devenir plus fréquentes. On pourrait également craindre l'apparition ou l'augmentation de la fréquence dans nos régions de certaines maladies transmises notamment par des insectes, mais d'autres facteurs interviennent et pourraient être plus importants que le climat (par exemple dans le cas de la maladie de Lyme). Il est peu probable que le paludisme (malaria) se ré-installe en Europe suite au réchauffement climatique, en dehors de possibles cas isolés.

## B Conséquences sur le cycle hydrologique

A cause d'une trop forte augmentation de la température sur notre planète, le cycle de l'eau pourrait subir quelques bouleversements.

| |
|---|
| *Matériel*<br>- 2 verres<br>- 1 vitre ou plaque en plexiglas<br>- de l'eau |

*Dispositif*

On remplit un des deux verres avec de l'eau froide et le deuxième avec de l'eau très chaude. On place ensuite la plaque en verre/plexiglas simultanément sur les deux verres. On observe, au dessus du verre contenant de l'eau chaude, la formation d'une buée provenant de la condensation de l'eau évaporée. Cette condensation se transformera ensuite en gouttelettes.




*Explications*

L'expérience « cycle hydrologique » permet d'expliquer la formation de la pluie. Lorsqu'il fait chaud, l'eau des rivières, des océans, des mers, ... s'évapore et forme les nuages. Dans ces nuages, la vapeur d'eau se condense sous forme de petites gouttelettes d'eau qui, lorsqu'elles sont devenues suffisamment lourdes retombent sur le sol. Il pleut et l'eau retourne dans les océans via les rivières et les fleuves. C'est ce qu'on appelle le cycle hydrologique.

Si la température du globe augmente, le risque que ce cycle soit modifié est réel. En moyenne, plus l'eau est chaude, plus abondamment elle s'évaporera. Quand l'air est plus chaud, il peut aussi contenir plus de vapeur d'eau, qu'il transporte de l'océan vers la Terre. Les précipitations seront ainsi plus abondantes mais pas forcément plus fréquentes, d'où un risque plus élevé du nombre d'inondations. Des pluies torrentielles, comme celles qui tuèrent de 10 à 30000 personnes dans des glissements de terrain au Venezuela en décembre 1999, ou encore comme celles qui inondèrent le Mozambique en février et mars 2000, risquent de devenir plus fréquentes. Plus près de chez nous, les terribles inondations en Allemagne et celles du Brabant Wallon à la fin de l'été 2002, nous montrent les situations qui risquent d'être vécues de plus en plus souvent si on ne limite pas le réchauffement climatique.

Il faut également noter les conséquences d'une plus grande évaporation dans certaines régions qui manquent déjà d'eau actuellement. Si certaines régions bénéficieront d'un supplément de précipitations, d'autres seront victimes d'une sécheresse plus importante en raison de cette évaporation renforcée.

### C Conséquences sur le niveau des mers

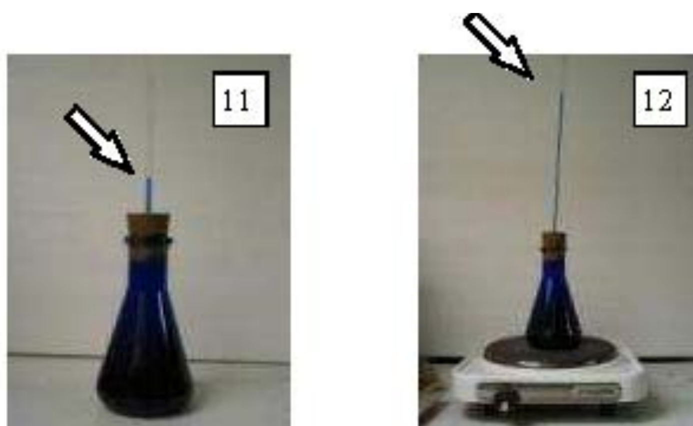
A cause des changements climatiques d'origine anthropique, on observera une élévation du niveau des mers. Cette élévation est la conséquence de deux phénomènes : la dilatation thermique* (cause la plus importante à ce jour) et la fonte des glaces.

*La dilatation thermique de l'eau*

*Matériel*
- 1 erlenmeyer muni d'un bouchon au travers duquel passe une pipette
- 1 plaque chauffante
- 1 marqueur
- de l'eau légèrement colorée avec de l'encre

*Premier dispositif : dilatation thermique de l'eau*

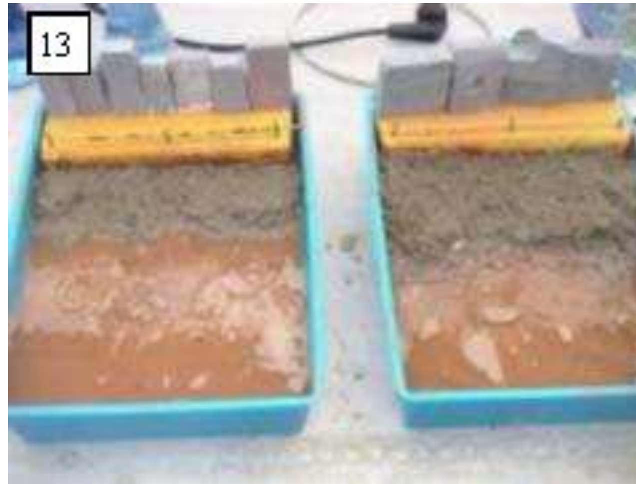
Remplir l'erlenmeyer d'eau colorée et placer le bouchon de manière à ce que l'eau pénètre dans la pipette et soit visible. Marquer la limite supérieure de l'eau sur la pipette à l'aide du marqueur. Placer l'erlenmeyer sur une taque chauffante. Après quelques secondes, on observe que le niveau de l'eau dépasse le niveau initial.




*Matériel*
- 2 bac étanches
- du sable
- de la frigolite
- de l'eau

*Second dispositif : augmentation du niveau des mers*

Le but est de montrer qu'une faible élévation du niveau des mers provoque une diminution significative de la largeur des plages, vu leur faible pente. On utilise deux bacs dans lesquels on représente la plage par du sable et le paysage typique que l'on retrouve à la mer du Nord (digue et habitations) par de petits blocs de frigolite peints. L'eau est ensuite ajoutée pour représenter la mer. La quantité d'eau doit être différente dans les deux bacs afin d'illustrer l'effet de la montée des eaux. La plage est plus grande dans le bac où il y a le moins d'eau..




## *Brièvement*

Lorsque l'on chauffe de l'eau, elle a la propriété de se dilater, de prendre plus de place, c'est ce qu'on appelle la dilatation thermique. Cette propriété, ajoutée à la fonte des glaces (décrite précédemment dans la démonstration avec les montagnes) pourrait faire monter le niveau des mers et océans de manière considérable. Le montage illustré ci-dessus décrit ce que cette montée des eaux pourrait provoquer sur les plages, les estuaires et sur les littoraux en général

## *Explications*

La dilatation thermique est une propriété très importante de l'eau. Quand on chauffe un volume d'eau, ce volume augmente, car l'eau se dilate.

On peut faire l'analogie avec un ballon gonflable. Quand on souffle dans un ballon (apport d'air), son volume augmente. Ici, le volume de l'eau augmente quand on lui apporte de la chaleur.

Le réchauffement climatique touche aussi les océans, dont la température augmente. Les mers et océans prennet alors plus de place…
Les océans couvrant 70% de la surface terrestre, il est évident que de nombreuses régions seront affectées par cette montée des eaux. Ainsi, de nombreuses petites îles disparaîtront. On peut citer l'exemple de l'Atoll Majuro dans les Iles Marshall dont la superficie diminuerait de 80% si la mer montait d'un mètre. D'autres pays, dont l'altitude moyenne est proche du niveau de la mer, seront menacés par la montée des eaux. C'est le cas des Pays-Bas ou encore du Bangladesh pour lequel une même augmentation de 1 mètre entraînerait une diminution de superficie de 17,5%.

Une augmentation de température causerait également une fonte des glaces. On peut revenir ici à l'exemple de la montagne vu précédemment. Les neiges éternelles risquent de disparaître et leur fonte provoquera un apport supplémentaire d'eau dans les océans. La majorité des glaciers est en recul, c'est à dire que leur volume de glace diminue

Cette fonte des glaces représente donc la deuxième source d'élévation du niveau des mers. Bien que, aujourd'hui, moins importante que la dilatation thermique, elle ne sera pas à négliger à l'avenir

# *3. Mini-atelier n°2 : d'où vient le $CO_2$ ?*

Ce second mini-atelier décrit les différentes sources de $CO_2$, en expliquant notamment la production de $CO_2$ à partir de carbone et d'oxygène, le cycle du carbone et le rôle des activités humaines.

## A. Formation du gaz carbonique

Le dioxyde de carbone est un des principaux gaz à effet de serre qu'on trouve dans notre atmosphère. C'est le principal gaz à effet de serre d'origine humaine. Il est formé de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone.

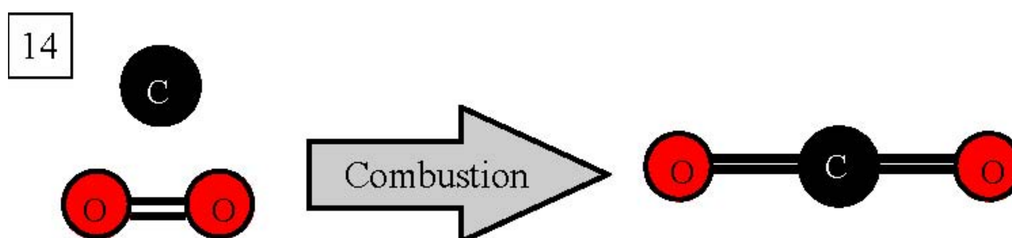
*Matériel*

- 3 boules de frigolite (une grosse boule noire et deux rouges un peu plus petites; si possible le rapport de leurs diamètres sera d'environ 7/6)
- 2 bâtonnets jaunes

### *Dispositif*

A l'aide des boules de frigolite, l'animateur explique comment se forme le dioxyde de carbone. La plus grosse boule représente l'atome de carbone, les deux plus petites l'oxygène
(les atomes sont en quelque sorte des "briques" de matière qui s'assemblent par des liens chimiques pour former des "molécules" plus complexes, telles que le $CO_2$; de façon un peu simplifiée, on peut représenter le carbone et l'oxygène par des sphères, qui ont en réalité un diamètre très petit : environ 0,7Å pour le carbone, c'est à dire 0,07 millionième de millimètre ! (environ 0,6Å pour l'oxygène)).

Par la combustion* le carbone et l'oxygène s'associent pour former le gaz carbonique.




Sur le dessin ci- dessus, le carbone est représenté par les boules noires L'oxygène, par les boules rouges

Le lien qu'il y a entre les deux atomes, lorsqu'ils forment le gaz carbonique, est représenté par la ligne jaune

### *Explications*

Le carbone est un atome* qu'on trouve dans tout ce qui est ou a été vivant (tant végétal qu'animal, humain inclus) : on en trouve dans toutes les plantes, le bois (et donc dans les meubles en bois, le papier...), les animaux, le pétrole, le charbon (puisqu'ils sont le résultat indirect de la décomposition de plantes).
L'oxygène est quant à lui un atome qu'on trouve dans l'air que nous respirons.

Le $CO_2$ est un gaz produit, par exemple, lors de la combustion de matières contenant du carbone (bois, pétrole, charbon, …). Ainsi, lorsqu'on brûle de telles matières, le carbone (C) se lie à deux atomes d'oxygène (O, présent dans l'air sous forme de molécules contenant deux atomes : $O_2$). Cette réaction chimique est appelée « combustion », elle dégage de la chaleur (très utile, car c'est de l'énergie) et inévitablement un gaz polluant : le $CO_2$.

## B. Cycle du carbone

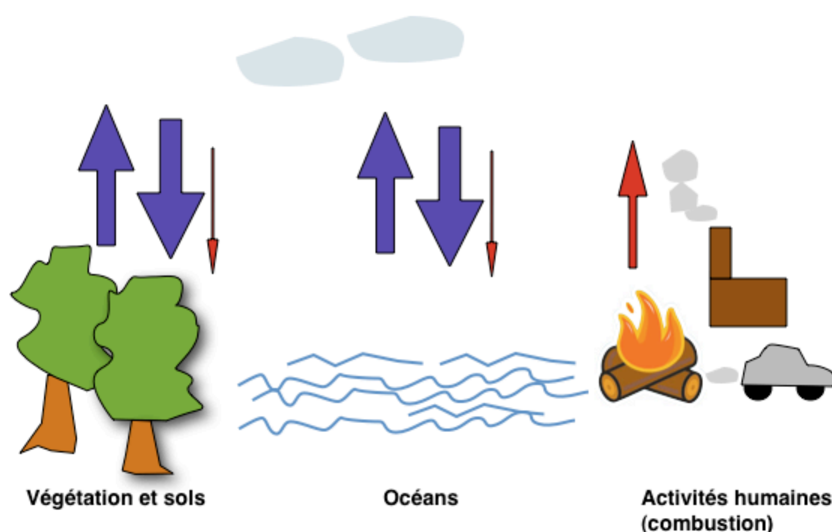
L’animateur explique maintenant de quelle manière le carbone circule dans la nature

*Matériel*

- 1 grand panneau
- 1 image représentant une forêt
- 1 image représentant un océan
- 2 flèches bleu foncé et deux flèches bleu clair
- 1 dessin schématisant l’influence des activités humaines sur l’environnement

*Dispositif*

Sur le dessin représentant la forêt, l’animateur indique par une flèche bleu foncé que le gaz carbonique est absorbé par les arbres, pendant la journée (photosynthèse). Par une flèche bleu clair, il montre que, la nuit, le gaz carbonique est rejeté par la végétation (respiration).
Sur le dessin représentant l'océan, aux endroits où il fait chaud une flèche bleu clair indique que le gaz carbonique est rejeté par l'eau, une flèche bleu foncé nous montre qu'aux endroits froids, il est absorbé.
Ensuite l’animateur explique que les activités humaines aussi rejettent du $CO_2$ dans l'atmosphère et rajoute une flèche (rouge sur la figure ci-dessous) allant du sol vers l'atmosphère. Actuellement, environ la moitié des émissions dues aux activités humaines sont absorbées soit par la végétation, soit par les océans : c’est ce que représentent les petites flèches rouges vers le bas. L’autre moitié s’accumule dans l’atmosphère : c’est pour cela qu’il y a de plus en plus de $CO_2$ dans l’air.




Par une série de dessins (une pompe à essence et une voiture, une centrale électrique, une forêt qu'on déboise,...), on illustre les activités humaines qui produisent du $CO_2$. En discutant avec les enfants, on leur fait comprendre pourquoi ce genre d'activités pollue autant. Pour finir, on leur demande de quelle manière on peut produire de l'énergie en polluant moins.

*Brièvement*

La journée, les plantes absorbent le gaz carbonique et rejettent de l’oxygène, c’est ce qu’on appelle la photosynthèse*. La nuit, les plantes respirent, elles absorbent l’oxygène et rejettent du gaz carbonique
(d’où l’idée d’éviter d’avoir de nombreuses plantes dans une chambre à coucher, mais il semble que ce conseil a été exagéré car une plante de taille ordinaire rejette une faible quantité de $CO_2$ comparativement à un être humain).

Le carbone circule aussi grâces aux mers et océans. Dans les eaux chaudes, l’oxygène est absorbé et le gaz carbonique est rejeté. Dans les eaux froides c’est le contraire. Le carbone circule dans les mers et océans grâce aux courants marins.

*Explications*

Comme l'eau, le carbone suit un cycle.

Sur les dessins, les flèches bleu clair représentent le fait que c’est de l’oxygène qui est absorbé et du dioxyde de carbone qui est rejeté
Les flèches bleu foncé représentent le contraire : absorption de gaz carbonique et rejet d’oxygène.

En journée, via la photosynthèse, la végétation absorbe du $CO_2$ (et rejette de l’oxygène). La nuit, elle respire : elle rejette du $CO_2$ (et absorbe l’oxygène).
S’ils sont froids, les océans absorbent du $CO_2$ ; s’ils sont chauds, ils en rejettent. Grâce aux courants océaniques et aux vents, la quantité de $CO_2$ est rééquilibrée entre zones chaudes et froides.
Par conséquent, les deux principales sources naturelles de $CO_2$ sont la végétation la nuit et les océans chauds ; les deux principaux puits naturels de $CO_2$ sont la végétation le jour et les océans froids. C’est le cycle du carbone (voir le schéma détaillé page 32).

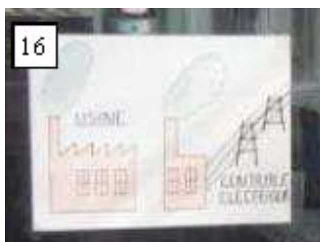
La combustion d’un kg de carbone produit 3,7 kg de CO2.

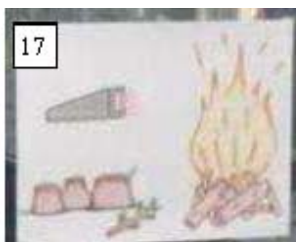
A cela s’ajoute une source anthropique de $CO_2$ (mais aucun puits pour la compenser). Depuis 1850, les hommes, notamment par leur activités industrielles, rejettent de plus en plus de gaz carbonique dans l’atmosphère (8 milliard de tonnes (ou gigatonnes) de carbone par an, soit 29,6 milliard de tonnes de $CO_2$). Le cycle naturel du carbone est capable d’en absorber et recycler une partie (4,8 Gt de carbone par an), mais pas l'entièreté. Ainsi, chaque année, 3,2 Gt de carbone sont ajoutées à l’atmosphère par les activités humaines et non recyclées par le système naturel. Ces estimations sont des moyennes pour les années 1990-1999 (IPCC, 4AR WG1).

D’où vient le $CO_2$ produit par les hommes ?
Que ce soit pour se déplacer, s’éclairer, se loger, se chauffer, s’alimenter, s’habiller ou se divertir, les hommes (surtout dans les pays développés) ont besoin de beaucoup d’énergie. Actuellement, la méthode la plus couramment utilisée pour produire cette énergie est la combustion. Les trois quarts de l’énergie mondiale sont produits par la combustion de combustibles fossiles contenant du carbone (charbon, pétrole et gaz). C'est le cas dans la plupart des usines et bien sûr dans certaines centrales électriques qui produisent de l'électricité grâce au pétrole ou au charbon. Les voitures et les camions émettent aussi du $CO_2$, par combustion du carburant (c'est-à-dire du pétrole).

Les dessins montrés aux enfants illustrent différentes situations par lesquelles l’homme produit du CO2

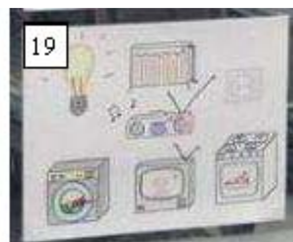
Par ailleurs, pour l’agriculture, l’élevage, la construction de routes ou de bâtiments (liste non exhaustive), les hommes déboisent des forêts entières. Les conséquences sont doubles : non seulement cette réduction de la végétation perturbe le cycle du carbone (moins de $CO_2$ absorbé et donc recyclé), mais elle accroît la quantité de $CO_2$ rejeté dans l’atmosphère, car bien souvent le bois coupé n’est pas réutilisé et est simplement brûlé.









Pourtant, l'énergie peut être produite autrement, en rejetant moins (ou pas) de $CO_2$ dans l'atmosphère. Il existe d'autres techniques de production d'énergie que la combustion du carbone : utilisation de l'énergie éolienne, de l'énergie hydraulique, de l'énergie solaire, de l'énergie nucléaire, …

A l'exception du nucléaire, toutes ces énergies viennent au départ du soleil, qui envoie sur la Terre une quantité d'énergie plusieurs milliers de fois supérieure à notre consommation annuelle. Il n'est donc nécessaire que d'en capter une petite partie. Toutefois, ce n'est pas encore très facile : peu de gens apprécieraient que tous les paysages soient remplis d'éoliennes, les capteurs d'énergie solaire ne fonctionnent que quand il y a... du soleil, les barrages engloutissent des vallées, et le nucléaire produit des déchets très dangereux… Ainsi, une des meilleures manières de réduire les émissions de $CO_2$ est de se rendre compte que l'énergie la moins polluante est celle que l'on ne gaspille pas.

C'est en partie ce qui est abordé dans la suite de l'exposé...

## *4.Mini-atelier n°3 : que faire pour limiter l'intensification de l'effet de serre ?*

L'animateur explique aux enfants ce qu'on peut faire dans la vie quotidienne pour réduire les émissions de $CO_2$ dans l'atmosphère. L'accès est mis sur la consommation d'électricité (éclairage, chauffage, loisirs, …) et l'utilisation intelligente des moyens de transports.

Dans un premier temps, le cadre général de la consommation d'énergie est introduit.

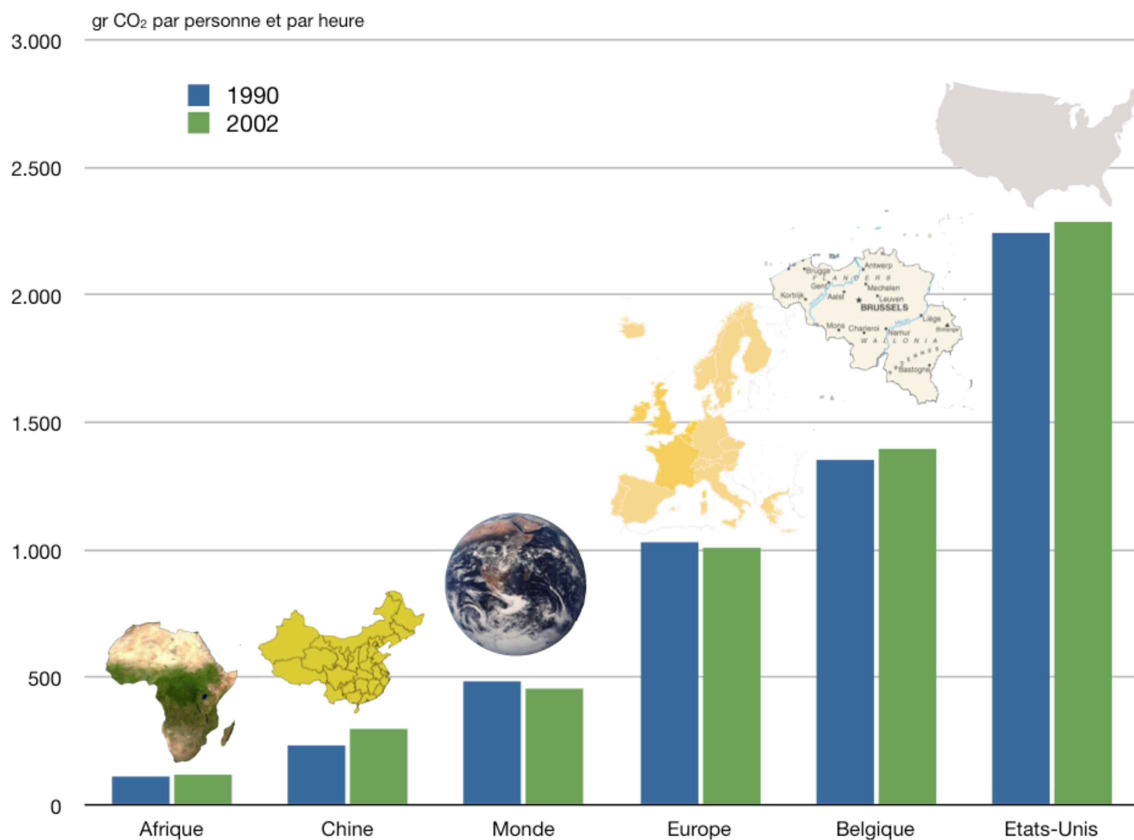
Matériel -

*Matériel*

- histogramme* des émissions (anthropiques) de CO2 (en grammes de CO2 émis pas heure et par habitant de la zone géographique indiquée) : monde, Etats-Unis, Belgique, Afrique.

## *Dispositif*

A l'aide de l'histogramme, on montre aux enfants que dans le monde, certains pays produisent plus de dioxyde de carbone que d'autres. L'histogramme illustre la quantité de $CO_2$ produite par personne par heure à différents endroits de notre planète. La moyenne mondiale d'émission de $CO_2$ sert de point de comparaison.




## *Brièvement*

Comme on peut le voir sur l'histogramme certains pays, tels que les pays africains, émettent moins de dioxyde de carbone que d'autres, les Etats-Unis par exemple. Ceci est dû au fait que ces premiers pays dépensent moins d'énergie que les autres. Si on compare les émissions de 2002 à 1990 on voit que les pays en voie de développement comme la Chine ont augmenté le plus. Une partie des pays qui ont ratifié le protocole de Kyoto, comme les pays d'Europe, ont même réussi à diminuer leurs émissions (en partie suite à la diminution de certaines activités industrielles).

*Explications*

Suite à leur grande consommation d'énergie, les pays développés, tels que les Etats-Unis ou la Belgique, rejettent par persoonedes quantités importantes de gaz carbonique dans l'atmosphère. Les plus gros émetteurs de $CO_2$ sont les Etats-Unis, parce que :

-leur économie est basée sur une consommation importante d'énergie à bas prix, principalement issue de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz)

-leur parc automobile est très développé

-le transport aérien est utilisé intensivement (malgré le fait que ceci n'est pas inclus dans les chiffres donnés)

-la consommation d'énergie des secteurs tertiaire et domestique est très élevée vu la disponibilité à prix réduit de cette énergie

-finalement, peu de mesures sont mises sur pied pour limiter les émissions de $CO_2$

Les pays africains ne produisent pas beaucoup de gaz carbonique

Les plus petits émetteurs sont les pays d'Afrique, et de manière générale les pays en développement. Ces sociétés ont actuellement des besoins énergétiques faibles vu leur bas niveau d'industrialisation et de motorisation des transports.

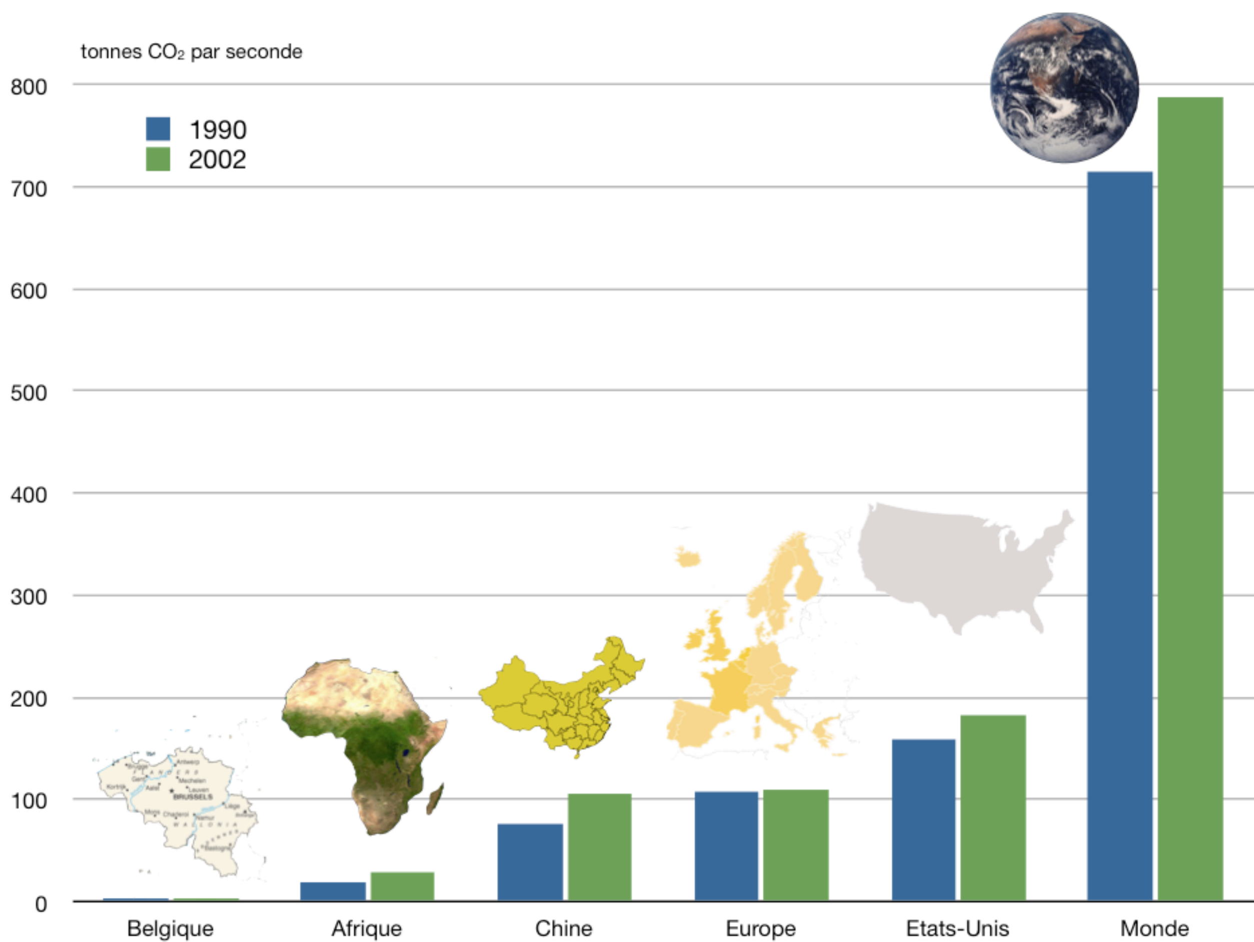
La Belgique, tout en émettant moins de CO2 que les Etats-Unis, se situe largement au- dessus de la moyenne mondiale

Comme le montre l'évolution des émissions de 1990 à 2002, les pays actuellement en développement auront, dans un futur proche, accédé à un niveau d'industrialisation équivalent à celui des pays développés. Or en se développant, ces pays émettront de plus en plus de $CO_2$ (voir les émissions de la Chine).
Notre responsabilité vis-à-vis de cette situation est double : d'une part, il nous faut montrer le « bon exemple » en réduisant drastiquement nos émissions de $CO_2$ et d'autre part, il faut veiller à aider les pays en développement à utiliser les différentes techniques avancées possibles pour utiliser l'énergie très efficacement et pour produire, entre autres, de l'électricité.

Le protocole de Kyoto est une mesure internationale pour s'attaquer à ce problème. Sur les deux histogrammes, on voit que son action peut déjà s'observer. On observe que les émissions de $CO_2$ par personne en Europe (dont les pays ont ratifié le protocole et qui sont par ce protocole contraint à diminuer leurs émissions par rapport au niveau de 1990) ont légèrement baissé, tandis que en émissions totales, ils sont restés stables. Les émissions des pays n'ayant à ce jour pas encore ratifié ce protocole (comme les Etats-Unis) ou qui ne sont pas contraints à diminuer leurs émissions par ce protocole (comme la Chine), ont augmenté pendant la même période.

Dans notre pays, des domaines où les émissions de $CO_2$ demandent des efforts sont les transports automobile, le gaspillage de l'énergie électrique, et le chauffage des bâtiments. Petit à petit, de nombreuses mesures sont prises par l'Etat. A notre échelle, chaque jour, il est aussi possible de faire quelque chose : soit chez soi, soit en utilisant intelligemment les nombreux moyens de transport à notre disposition.

Nous pouvons changer nos habitudes quotidiennes tant à la maison que pour nous déplacer. Les deux points suivants aborderont ce que nous pouvons faire dans ces deux domaines, chez nous et dans les transports.



## A. Chez soi

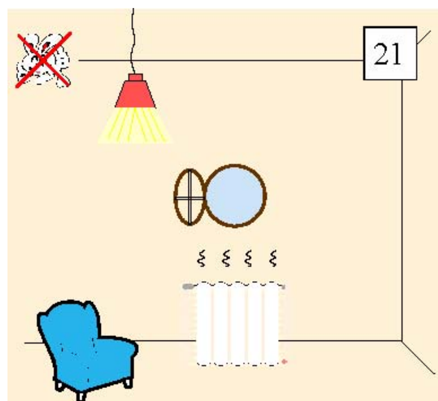
Quelques petits efforts dans notre vie quotidienne permettent de produire moins de gaz carbonique. Voyons comment s'y prendre….

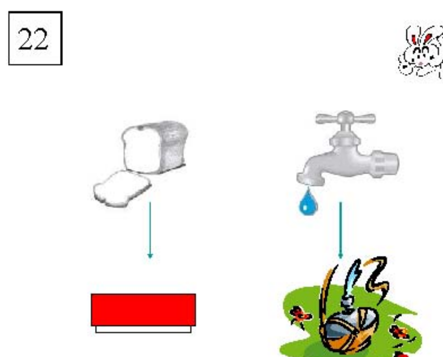
*Matériel*

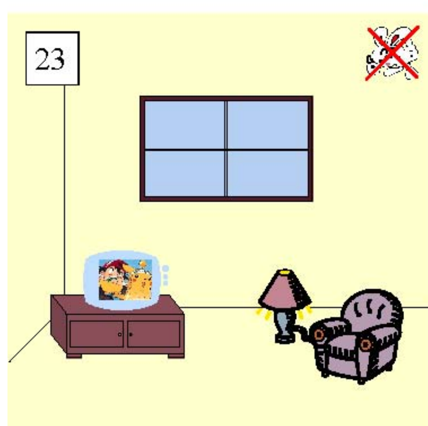
- panneaux illustrant quelques situations quotidiennes : chaque panneau possède un petit lapin (temporairement caché) qui indique si la situation représentée est « à faire » ou « à ne pas faire » pour diminuer l'émission de CO2 dans l'atmosphère
- 1 socket avec une ampoule économique de 11W
- 1 socket avec une ampoule à incandescence de 60W
- 1 bloc multiprises avec interrupteur

*Dispositif*

On montre un à un les panneaux . Pour chaque situation, il est demandé aux élèves si le petit lapin approuve ou non la situation. A eux de réfléchir et de justifier leur réponse.
Cette partie s'achève en montrant deux ampoules allumées au préalable (5 minutes sont suffisantes) : une ampoule « normale » (à incandescence) et une ampoule économique. En passant la main au-dessus des deux ampoules (SANS toucher l'ampoule à incandescence pour éviter tout risque de brûlure), il est très facile de sentir la différence de quantité de chaleur émise par chacune (il est tout à fait inoffensif de toucher l'ampoule économique, même après une heure de fonctionnement). On montre ainsi aux élèves qu'une ampoule économique chauffe moins qu'une ampoule classique et éclaire tout autant (une ampoule économique de 11W produit autant de lumière qu'une ampoule classique de 60W).







*Brièvement*

Trucs et astuces afin d'éviter le gaspillage d'énergie : utiliser une boîte à tartines et une gourde pour le pic-nic, ne pas laisser fonctionner des appareils électriques (télévision, lampes,…) inutilement, préférer des ampoules économiques aux ampoules classiques. Les ampoules "classiques" commencent d'ailleurs à disparaître des rayons des magasins, et un nouveau type d'ampoules économisant l'énergie fait son apparition : les ampoules à diodes électroluminescentes (DEL ou LED en anglais).




*Explications*

Le papier aluminium, les canettes et les tetrabriques, sont à utilisation unique, tandis que la boîte à tartines et la gourdes sont réutilisables…

Première situation : pour dîner à l'école, plutôt que d'emballer ses tartines dans du papier aluminium et boire un petit jus/canette, mieux utiliser une boîte à tartines et une gourde. En effet, fabriquer une boîte à tartines, une gourde, du papier aluminium ou une canette demande à l'usine une certaine consommation d'énergie (l'électricité, par exemple) qui elle- même engendre une émission de $CO_2$ dans l'atmosphère. Etant donné que la boîte et la gourde sont réutilisables de nombreuses fois, le calcul est rapide. Au bout du compte, l'utilisation de la boîte à tartine et de la gourde est nettement moins polluante que celle du papier aluminium et de la canette qui sont renouvelés chaque jour.

Autres habitudes à prendre : ne pas laisser la télévision allumée lorsque personne ne la regarde ; ne pas laisser une lampe allumée si la luminosité est suffisante (comme en plein jour) et de surcroît si personne ne se trouve dans la pièce ; et enfin ne pas laisser fonctionner un radiateur s'il y a une fenêtre ouverte dans la pièce. Pourquoi ? Simplement parce que ces petits gestes permettent de consommer moins d'énergie et donc de rejeter moins de $CO_2$. Ainsi, non seulement on épargne la planète, mais on réduit sensiblement la facture d'électricité …

Le but initial d'une ampoule est d'éclairer, non de chauffer. Une ampoule est un dispositif ingénieux qui transforme l'électricité en lumière. Si en plus elle chauffe, non seulement l'ampoule utilise de l'électricité pour éclairer mais aussi pour chauffer, ce qui est inutile (ou nuisible) en été, et peu efficace en hiver. Toutes les ampoules classiques (à incandescence) consomment environ cinq fois plus d'électricité que les ampoules dites économiques parce qu'elles chauffent, en plus d'éclairer. Une ampoule économique, au contraire, chauffe très peu et consomme ainsi moins d'énergie électrique pour éclairer autant qu'une ampoule à incandescence ! On sent bien la différence de chaleur qui se dégage de ces deux types d'ampoules en les approchant de la main. De plus, les ampoules économiques, bien qu'un peu plus chères que les autres, durent 10 fois plus longtemps …

## B. Dans les transports

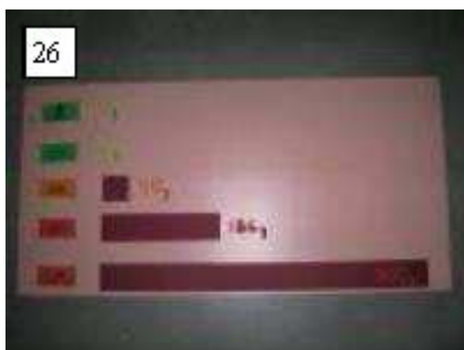
Dans cette partie de l'atelier, l'animateur explique aux élèves que certains transports, tels que le bus ou le train, sont moins polluants que d'autres, comme par exemple la voiture.

*Matériel*

- panneau sur lequel on a écrit les émissions de $CO_2$ par moyen de transport sur un trajet de 1 km : piéton, vélo, train, voiture, avion
- cinq petits cartons amovibles représentant chacun un des moyens de transport repris plus haut
- caisses représentant, de par leur dimension, le volume de gaz carbonique par passager pour 1km pour les avions, voitures et trains Une ligne sur la caisse de l'avion indique, à titre de comparaison l'émission de $CO_2$ par habitant en Afrique pendant une heure
- panneau illustrant une utilisation intelligente des moyens de transport : 36 voitures, covoiturage (18x2), 1 bus de 36 places

*Dispositif*

Le premier panneau montre la quantité de $CO_2$ émise par chaque moyen de transport. Les enfants doivent alors associer les différents moyens de transport à leur émission de $CO_2$ (quantité de $CO_2$ en gramme produite par une personne utilisant le moyen de transport pendant 1 km).







Les caisses en carton permettent de visualiser dans le cas de la voiture, du train et de l'avion, la quantité de $CO_2$ émise. En comparaison l'émission pour un habitant en Afrique liée à une consommation d'une durée d'une heure est indiquée par une ligne sur la caisse représentant la production de $CO_2$ par un passager de l'avion…



Le second et dernier panneau permet de comparer le déplacement de 36 personnes d'un endroit à un autre. Trois solutions se présentent : chaque personne prend sa voiture, les gens font du covoiturage ou ces personnes utilisent le bus.




*Brièvement*

Certains moyens de transport, tels que les avions ou les voitures consomment plus d'énergie et donc rejettent des quantités plus importantes de $CO_2$ dans l'atmosphère. C'est pourquoi il est préférable de recourir à la marche à pied, au vélo, aux transports en commun ou au covoiturage.

*Explications*

Les moyens de transports non polluants sont bien évidemment la marche à pied, le skateboard, les patins à roulettes, les trottinettes, les vélos, … Ensuite, vient le train avec une émission de 14 g (0g- 172g) par voyageur par kilomètre. Sur une même distance, une voiture courante émet 144 g (73g- 348g). Finalement, le transport le plus polluant est l'avion : sur un vol longue distance avec un avion bien rempli, l'émission de $CO_2$ par passager est comparable à celle d'une voiture, mais comme on s'en sert pour aller loin, en pratique un trajet en avion occasionne beaucoup d'émissions., En plus, l'avion a un effet de réchauffement du climat supplémentaire car son passage peut conduire à la formation de nuages (cela commence par les traînées blanches que l'on peut souvent voir derrière les avions). Cependant, vu l'importance du parc automobile, la pollution liée à l'utilisation de la voiture atteint celle liée au transport aérien. Il reste d'ailleurs une grande incertitude sur ces chiffres, dépendant de type de voiture, type d'avion, distance parcourue (surtout pour les avions), occupation de la voiture / de l'avion… (IPCC, Aviation and the global atmosphere, 1999, Figs. 8.4-8.6, www.ademe.fr)

Si chacun prend sa voiture, la pollution en $CO_2$ correspondra à la pollution émise par 36 voitures (144 g/km par voiture, soit 1,44 kg x 36 voitures = 51,84 kg pour 10 km). Si ces 36 personnes se mettent à deux par voitures, la pollution en CO2 correspondra alors à la pollution émise par 18 voitures (1,44 kg x 18 voitures = 25,92 kg pour 10 km). Le bus et le train sont les moyens de transport le moins polluant. Si ces 36 personnes prennent le bus, une plus faible quantité de $CO_2$ sera émise (Sources: www.ademe.fr). Mais pour les petits trajets, rien ne vaut la marche ou le vélo...

# *5. Jeu récapitulatif*

Ce jeu permet aux enfants de vérifier s'ils ont bien compris ce qu'on leur a expliqué dans l'atelier auquel ils viennent de participer et de fixer leurs connaissances.

Matériel (pour n groupes d'enfants et m animateurs participants) - n feuilles de question pour les enfants (cfr exemples) - n « permis de polluer » (cfr exemple) - n crayons - m listes de questions-réponses pour les animateurs (cfr exemples) - m feuilles de gommettes (de la taille des Terres du « permis de polluer ») - une récompense pour les gagnants et/ou tous les groupes

*Matériel (pour n groupes d'enfants et m animateurs participants)*

- n feuilles de question pour les enfants (cfr exemples)
- n « permis de polluer » (cfr exemple)
- n crayons
- m listes de questions-réponses pour les animateurs (cfr exemples)
- m feuilles de gommettes (de la taille des Terres du « permis de polluer »)
- une récompense pour les gagnants et/ou tous les groupes

Remarque : si possible, avoir plus d'animateurs que de groupes.

### *Lieu*

Dans le cadre du festival Science Infuse, ce jeu s'est déroulé à l'extérieur, dans un espace relativement grand pour permettre aux enfants de s'aérer et « courir » après avoir passé plus d'une heure à l'intérieur d'une serre. Il est également possible de le réaliser à l'intérieur, mais cela réduit la mobilité des groupes.

### *Contexte et but du jeu*

L'objectif étant de vérifier la compréhension de l'effet de serre et de ses conséquences, chaque groupe d'enfants représente un ensemble de citoyens du monde dont on vérifie la responsabilité vis-à-vis de l'environnement (à travers ses réponses aux trois questions qui lui sont posées). Un peu à l'image des quotas d'émission attribués actuellement aux pays, le groupe possède un « permis de polluer » représentant l'état de la Terre. Plus celle-ci est foncée, moins le groupe a respecté son « contrat » et plus il a envoyé dans l'atmosphère des gaz à effet de serre.
Le but du jeu est de répondre aux trois questions le plus correctement possible et en « polluant » le moins la Terre




### *.Déroulement*

Chaque groupe (2 à 6 enfants) reçoit un permis de polluer et une feuille avec trois questions axées autour d'un même thème. Les trois thèmes disponibles sont : « changements climatiques et transports », « changements climatiques et nature », « changements climatiques et vie au quotidien » . Les réponses aux questions s'obtiennent de la manière suivante :

- soit par les membres du groupe s'ils les connaissent,
- soit par consultation d'un animateur.

En cas de problèmes pour répondre à une ou plusieurs questions, les groupes ont la possibilité de demander de l'aide aux animateurs (dispersés et ne se laissant pas trop facilement « attraper »). Avant de pouvoir obtenir des informations, le groupe doit répondre à une question posée par l'animateur. Si la réponse est correcte, ce dernier l'aide à répondre à une de leurs trois questions (au choix du groupe). Si la réponse est incorrecte, l'animateur colle une gommette sur la Terre la moins polluée, symbolisant ainsi la pollution la « détérioration de l'environnement » engendrée par leur méconnaissance. Dans ce dernier cas, le groupe se voit obligé d'aller consulter un autre animateur avant de revenir poser une question au même animateur (un animateur ne peut donc être touché deux fois de suite par le même groupe).

### *Le gagnant*

Deux manières sont envisageables pour gagner :

soit le temps imparti est fixé (20 à 30 minutes par exemple) et le groupe gagnant est celui qui a le mieux répondu aux questions et préservé le mieux sa planète (via le permis de polluer) endéans les délais,

- soit le temps imparti n'est pas fixé et le groupe gagnant est le premier à avoir répondu correctement aux questions et préservé au mieux sa planète (via le permis de polluer).

Vous trouverez, dans les pages qui suivent des exemple de questionnaires distribués aux enfants et de questions posées par les animateurs.

# LISTE DE QUESTIONS (ANIMATEURS)

**Mécanisme général de l'effet de serre**

1. Pourquoi l'effet de serre est-il indispensable à la vie sur la Terre ?

   *Sans l'effet de serre, le rayonnement infrarouge n'est pas piégé et la température de surface terrestre serait de -18°C.*

2. Qu'arrive-t-il aux rayons du soleil qui ne sont pas réfléchis vers l'espace ?

   *La Terre les absorbe et les « transforme » en rayonnement infrarouge. Ce rayonnement sera réabsorbé et réémis par les gaz à effet de serre. Une partie se retrouvera alors piégée dans l'atmosphère terrestre.*

3. En quoi les activités des hommes causent-elles un réchauffement du climat ?

   *Les industries (etc.) rejettent du $CO_2$ dans l'atmosphère augmentant ainsi la concentration de ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Une plus grande quantité de rayonnement infrarouge est alors piégée, d'où le réchauffement.*

**Les causes de l'effet de serre (anthropique)**

4. Pourquoi le fait de couper les arbres contribue-t-il à renforcer l'effet de serre ?

   - *Les arbres constituent un stock de carbone, si on les coupe (c'est-à-dire on les brûle ensuite ou bien ils se décomposent), ils s'oxydent et le $CO_2$ se retrouve dans l'atmosphère*
   - *De leur vivant, les arbres absorbent plus de $CO_2$ qu'ils n'en émettent, si on les coupe, on ne bénéficie plus de ce puits de carbone.*

5. Expliquez le cycle du carbone en quelques mots et expliquez ce qui a changé depuis quelques années.

   *Sur notre planète, l'atmosphère, l'océan et la biomasse sont les 3 uniques lieux de stockage du $CO_2$. Ils interagissent énormément et jusqu'au début de l'ère industrielle, les échanges entre eux se compensaient et la quantité de $CO_2$ était constante. Depuis, de part ses activités, l'homme rejette énormément de $CO_2$ dans l'atmosphère, bouleversant cet équilibre. L'océan et la biomasse absorbent une partie de ce surplus de $CO_2$, mais une quantité non négligeable continue chaque jour à s'accumuler dans l'atmosphère et renforce donc l'effet de serre (partie anthropique).*

6. Expliquez comment le $CO_2$ se forme et à partir de quoi (de manière générale)

   *Premièrement, par la respiration des hommes, animaux et végétaux.*

   *Deuxièmement, par la combustion de carbone : tout ce qui vit est composé de carbone, si on oxyde ce carbone (en le brûlant ou lorsqu'il se décompose), on forme du CO2 qui s'échappe dans l'atmosphère.*

   *Donc, du CO2 est formé : lorsqu'on respire / lorsque les plantes, les arbres, …, respirent (c'est-à-dire la nuit) / lorsqu'un arbre est brûlé ou lorsqu'il se décompose (« idem pour les animaux et les hommes ») / lorsqu'on brûle du carburant (pétrole) pour le chauffage et les transports / lorsqu'on utilise de l'électricité*

7. Quelles sont les principales conséquences du réchauffement climatique ?
    - *augmentation du niveau moyen des mers*
    - *déplacement des zones climatiques (déserts, inondations)*
    - *(ré)apparition de certaines maladies*
    - *déplacement en altitude des strates de végétation et/ou disparition de certaines d'entre elles*
8. Pourquoi le niveau des mers risque-t-il d'augmenter au cours des prochaines décennies ?

    *L'intensification de l'effet de serre entraîne une augmentation de la température en surface. Les océans se réchauffent progressivement, donc l'eau se dilate.*
9. Citez le plus possible de sources de $CO_2$ autour de vous [dans la serre]
    - *lampes*
    - *radiateurs*
    - *taque électrique*
    - *plantes*
    - *nous*
10. Si vous voulez polluer le moins possible, quel moyen de transport utiliser pour effectuer un trajet de
    a) 1 km
    b) 20 km ?

    *a) à pied, en vélo, en trottinette, …*

    *b) transports en commun, co-voiturage*
11. Citez le plus possible de choses à faire pour économiser de l'énergie à la maison et à l'école.
    - *éteindre les lampes quand personne n'est dans la pièce*
    - *idem pour les autres appareils électriques (non utilisés)*
    - *éteindre le radiateur si on ouvre la fenêtre*
    - *utiliser les lampes économiques*
    - *utiliser une boîte à tartines et une gourde plutôt que des emballages à usage unique (papier aluminium, canettes, …)*
12. Qu'est-ce qu'une lampe économique ?

    *Une lampe qui ne perd pas d'énergie sous forme de chaleur lorsqu'elle éclaire. Elle consomme donc moins d'électricité qu'une lampe ordinaire tout en éclairant autant.*

# *Annexes*

## Remarques concernant l'atelier

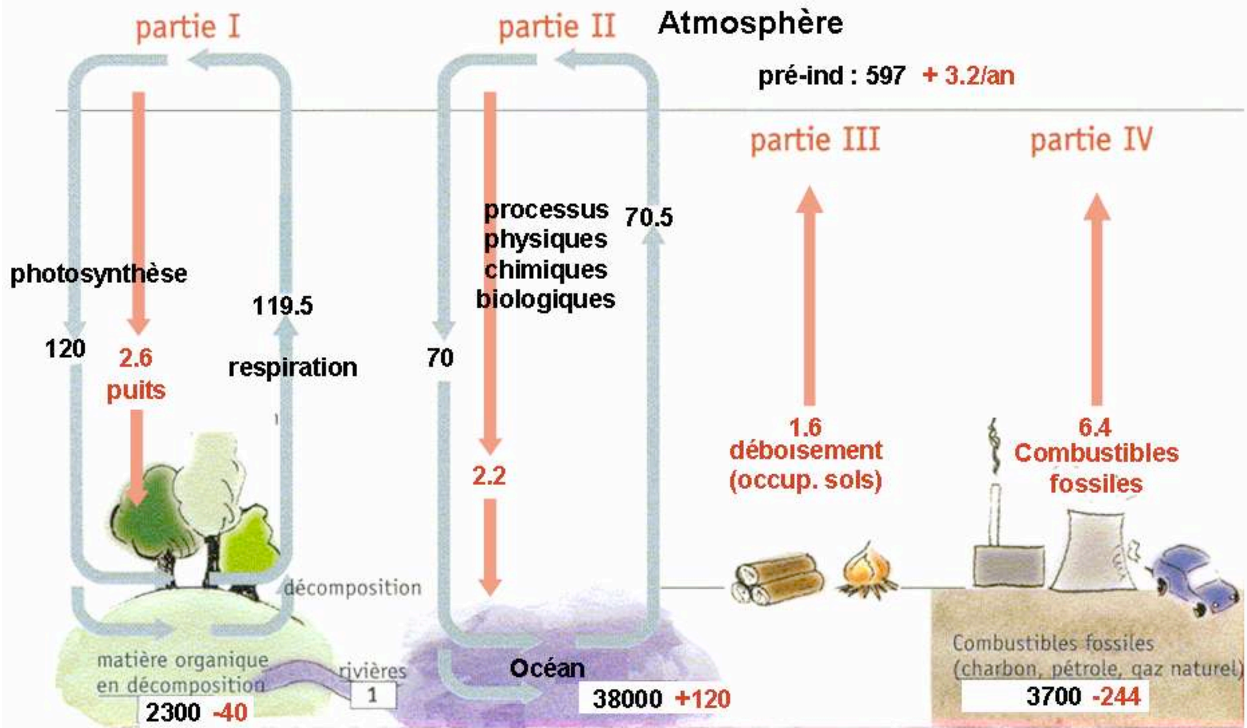
Nous avons remarqué que les élèves qui prennent notes pendant l'atelier ont beaucoup plus de mal à assimiler ce qu'on veut leur apprendre que les autres, sans doute par un excès de concentration pour la prise de notes et un manque d'attention à ce qui est dit. Les enfants associent souvent la couche d'ozone à l'effet de serre. Il s'agit de bien leur expliquer que ce sont deux choses très différentes, que l'intensification de l'effet de serre n'a rien à voir avec le trou dans la couche d'ozone.

## Lexique

*4AR* : Fourth Assessment Report = Quatrième rapport d'évaluation
*Atome* : partie élémentaire de matière
*Combustion* : fait de brûler, oxydation. Lors de la combustion de composés organiques, il y a entre autres une réaction chimique pendant laquelle un atome de carbone va s'associer à deux atomes d'oxygène
*Composante anthropique* de la production de gaz carbonique : intensification de l'effet de serre, à travers l'émission excessive de gaz à effet de serre par les hommes
*Dilatation thermique* : lorsque l'eau est chauffée, son volume augmente
*Gaz carbonique* : dioxyde de carbone = $CO_2$
*Histogramme* : graphique à bâtonnets
*IPCC = GIEC* : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
*Isotherme* : couche d'air qui a une certaine température constante
*Photosynthèse* : transformation, par les plantes pendant la journée, de gaz carbonique en carbone
*WG1* : Groupe de travail 1

# Illustrations

Basé sur IPCC AR4 WG1 Fig. 7.3. Les chiffres noirs se rapportent à la situation pré-industrielle. Les chiffres rouges ajoutent la composante des flux et stocks liés aux activités humaines.



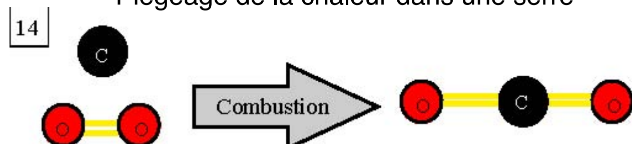

Piégeage de la chaleur dans une serre



Mécanisme de l'effet de serre




Piégeage de la chaleur dans une serre






UCL

# En savoir plus ? (ouvrages, sites, …)


- Berger, A., Le climat de la Terre: un passé pour quel avenir ?, De Boeck Université, Bruxelles, 1992
- Desjours, P., Ricard, A., Les saisons et les climats, des expériences faciles et amusantes, Albin Michel Jeunesse, collection Sciences en Poche, les Petits Débrouillards n° 14, Paris, 2001
- Le Treut, H., Jancovici , J.M., L'effet de serre, Flammarion , Paris, 2001
- Sadourny, R., Le climat de la terre, Flammarion, Paris, 1994
- van Ypersele, J.P., L'impact du réchauffement anthropique global sur les activités humaines, Bruxelles, 1999
- van Ypersele, J.P., Réchauffement du climat global: quels enjeux pour l'avenir de la planète ?, Louvain-la-Neuve, 2002
- Notre avenir à tous, rapport Brundtland, Ed. du Fleuve, 1988
- http://www.amisdelaterre.org/publications/publications_4.html
- http://www.cfdd.be : Conseil fédéral pour le développement durable
- http://www.chooseclimate.org: modèle climatique interactif
- http://www.climate.be: site ASTR-UCL
- http://www.ipcc.ch: site du GIEC (IPCC en anglais)
- http://www.unfccc.int : Convention et protocole de Kyoto
- IPCC, 4AR, WG1: Contribution du Groupe de travail I au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.